

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

Applicant: Kiyokazu MORI et al.

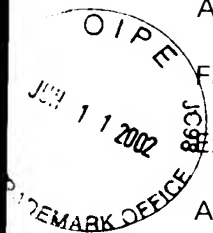
Title: LASER WELD QUALITY MONITORING METHOD AND SYSTEM

Appl. No.: 10/081,153

Filing Date: 02/25/2002

Examiner: Unassigned

Art Unit: 2881



**CLAIM FOR CONVENTION PRIORITY**

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing dates of the following prior foreign applications filed in the following foreign country is hereby requested, and the right of priority provided in 35 U.S.C. § 119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith are certified copies of said original foreign applications:

- Japanese Patent Application No. 2001-048756 filed February 23, 2001.
- Japanese Patent Application No. 2001-381889 filed December 14, 2001.

Respectfully submitted,

Date: June 11, 2002

FOLEY & LARDNER  
Washington Harbour  
3000 K Street, N.W., Suite 500  
Washington, D.C. 20007-5143  
Telephone: (202) 672-5426  
Facsimile: (202) 672-5399

By

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Glenn Law", written over a horizontal line.

Glenn Law  
Attorney for Applicant  
Registration No. 34,371



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 2月23日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-048756

[ ST.10/C ]:

[ JP2001-048756 ]

出 願 人

Applicant(s):

日産自動車株式会社

2002年 1月18日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造

出証番号 出証特2001-3116772

【書類名】 特許願

【整理番号】 NM00-01405

【提出日】 平成13年 2月23日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 G01N 21/88

【発明の名称】 レーザー溶接部の品質モニタリング方法およびその装置

【請求項の数】 8

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社  
社内

【氏名】 森 清和

【特許出願人】

【識別番号】 000003997

【氏名又は名称】 日産自動車株式会社

【代理人】

【識別番号】 100072349

【弁理士】

【氏名又は名称】 八田 幹雄

【電話番号】 03-3230-4766

【選任した代理人】

【識別番号】 100102912

【弁理士】

【氏名又は名称】 野上 敦

【選任した代理人】

【識別番号】 100110995

【弁理士】

【氏名又は名称】 奈良 泰男

【選任した代理人】

【識別番号】 100111464

【弁理士】

【氏名又は名称】 齋藤 悦子

【選任した代理人】

【識別番号】 100114649

【弁理士】

【氏名又は名称】 宇谷 勝幸

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001719

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レーザー溶接部の品質モニタリング方法およびその装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ワークの溶接部に向けて照射したレーザー光線の当該溶接部からの反射光を検出し、

検出された反射光から得られる信号の周波数分布を算出し、

算出された周波数分布のうちの特定の周波数帯における信号強度を算出し、

算出された信号強度があらかじめ設定されている基準値を超えていれば、ポロシティーの発生が過大であると判断し、基準値を超えていなければポロシティーの発生が正常範囲内であると判断することを特徴とするレーザー溶接部の品質モニタリング方法。

【請求項 2】 ワークの溶接部に向けて照射したレーザー光線の当該溶接部からの反射光を検出し、

検出された反射光を電気信号に変換し、

変換された電気信号の周波数分布を算出し、

算出された周波数分布のうちの特定の周波数帯における信号強度を算出し、

算出された信号強度があらかじめ設定されている基準値を超えていれば、ポロシティーの発生が過大であると判断し、基準値を超えていなければポロシティーの発生が正常範囲内であると判断することを特徴とするレーザー溶接部の品質モニタリング方法。

【請求項 3】 前記信号強度を算出するための特定の周波数帯は、ワークの板厚に応じて変化させることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のレーザー溶接部の品質モニタリング方法。

【請求項 4】 前記信号強度の算出は、信号強度の周波数分布を算出する高速フーリエ変換 (FFT) を用いて、または、前記特定の周波数帯のみの信号を通過させる帯域フィルタを用いて行われることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載のレーザー溶接部の品質モニタリング方法。

【請求項 5】 前記ワークは、亜鉛メッキ鋼板であることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載のレーザー溶接部の品質モニタリング方

法。

【請求項 6】 ワークの溶接部に向けて照射したレーザー光線の当該溶接部からの反射光を検出する反射光検出手段と、

検出された反射光を電気信号に変換する電気信号変換手段と、

変換された電気信号の周波数分布を算出する周波数分布算出手段と、

算出された周波数分布のうちの特定の周波数帯における信号強度を算出する信号強度算出手段と、

算出された信号強度があらかじめ設定されている基準値を超えていれば、ポロシティーの発生が過大であると判断し、基準値を超えていなければポロシティーの発生が正常範囲内であると判断する溶接品質判断手段とを有することを特徴とするレーザー溶接部の品質モニタリング装置。

【請求項 7】 前記反射光検出手段は、前記レーザー光線の反射光のみを検出するために、レーザー光線の波長の光だけを透過させる干渉フィルタを有することを特徴とする請求項 6 に記載のレーザー溶接部の品質モニタリング装置。

【請求項 8】 前記信号強度算出手段は、信号強度の周波数分布を算出する高速フーリエ変換 (FFT) を用いて、または、前記特定の周波数帯のみの信号を通過させる帯域フィルタを用いて、電気信号の信号強度を算出することを特徴とする請求項 6 に記載のレーザー溶接部の品質モニタリング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、レーザー溶接部の品質モニタリング方法およびその装置に係り、特に、レーザー溶接部のポロシティーの発生をモニタリングすることができる、レーザー溶接部の品質モニタリング方法およびその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

自動車のボディーに使用されるような、非常に薄い鋼板の溶接は、レーザー溶接を用いて行っている。これは、レーザー溶接が、スポット溶接と比較すると、鋼板を表裏両面から挟む必要がなく、片面からの溶接が可能であることや、細く

複雑な形状の溝であっても難なく溶接できることなど、多くの利点を備えているからである。しかし、その一方では、鋼板の合わせ精度不良による溶接品質の不良や、溶接部の汚染に起因する突発的な溶接品質の不良が発生しやすいという欠点もある。

## 【 0 0 0 3 】

したがって、従来から、たとえば特開平 2 0 0 0 - 2 7 1 7 6 8 号公報に開示されているようなモニタリング方法を用いて、レーザー溶接部の品質の良否をリアルタイムに予測できるようにしている。上記公報に開示されている技術では、検出角度の異なる 2 つのセンサによって、レーザー溶接部のキーホールで発生するブルームからの光と照射した Y A G レーザーの反射光とを検出し、それぞれのセンサで検出された光の強度により溶接条件（出力、焦点位置、ワーク間隙）の変化を検出して、レーザー溶接部の品質の良否をリアルタイムに予測している。

## 【 0 0 0 4 】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の溶接品質のモニタリング方法では、レーザー溶接部に溝ができてしまうという品質不良（アンダーフィル）、規定の溶接条件から逸脱してしまうという溶接条件不良の発生は検出できるものの、亜鉛メッキ鋼板などのレーザー溶接時に発生する、溶接部のポロシティー（多孔質化）の発生は検出し難いという問題がある。

## 【 0 0 0 5 】

ポロシティーの発生が検出し難いのは、従来の溶接品質のモニタリング方法が、レーザー光が照射されて溶融している部分（キーホール）から発せられる光に基づいて溶接品質の良否を判断するようになっていたためである。なぜならば、ポロシティーは、キーホール内に亜鉛蒸気が混入することで発生するが、亜鉛蒸気が混入しても、キーホールから発せられる光は変化しないからである。

## 【 0 0 0 6 】

本発明は、このような従来の問題点に鑑みて成されたものであり、レーザー溶接部のポロシティーの発生を確実に検出することができる、レーザー溶接部の品質モニタリング方法およびその装置の提供を目的とする。

## 【0007】

## 【課題を解決するための手段】

上記した課題を解決し、目的を達成するため、請求項1に記載の発明にかかるレーザー溶接部の品質モニタリング方法は、ワークの溶接部に向けて照射したレーザー光線の当該溶接部からの反射光を検出し、検出された反射光から得られる信号の周波数分布を算出し、算出された周波数分布のうちの特定の周波数帯における信号強度を算出し、算出された信号強度があらかじめ設定されている基準値を超えていれば、ポロシティーの発生が過大であると判断し、基準値を超えていなければポロシティーの発生が正常範囲内であると判断することを特徴とするレーザー溶接部の品質モニタリング方法。

## 【0008】

この請求項1に記載の発明によれば、レーザー光線の反射光に基づいて生成された信号から、過度のポロシティーの発生の検出に必要な、特定の周波数帯の信号だけを抽出しているので、その抽出した信号の信号強度に基づいてポロシティーの発生の程度が判断できる。したがって、従来は検出することが困難であった、過度のポロシティーの発生が確実に検出できる。

## 【0009】

請求項2に記載の発明にかかるレーザー溶接部の品質モニタリング方法は、ワークの溶接部に向けて照射したレーザー光線の当該溶接部からの反射光を検出し、検出された反射光を電気信号に変換し、変換された電気信号の周波数分布を算出し、算出された周波数分布のうちの特定の周波数帯における信号強度を算出し、算出された信号強度があらかじめ設定されている基準値を超えていれば、ポロシティーの発生が過大であると判断し、基準値を超えていなければポロシティーの発生が正常範囲内であると判断することを特徴とする。

## 【0010】

この請求項2に記載の発明によれば、レーザー光線の反射光に基づいて生成された電気信号から、過度のポロシティーの発生の検出に必要な、特定の周波数帯の電気信号だけを抽出しているので、その抽出した電気信号の信号強度に基づいてポロシティーの発生の程度が判断できる。したがって、従来は検出することが



困難であった、過度のポロシティーの発生が確実に検出できる。

【 0 0 1 1 】

請求項 3 に記載の発明にかかるレーザー溶接部の品質モニタリング方法は、請求項 1 または請求項 2 に記載のレーザー溶接部の品質モニタリング方法において、前記信号強度を算出するための特定の周波数帯は、ワークの板厚に応じて変化させることを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

この請求項 3 に記載の発明によれば、信号強度を算出するための特定の周波数帯は、ワークの板厚に応じて変化させる。したがって、板厚の相違によるポロシティーの発生検出精度のばらつきが解消される。

【 0 0 1 3 】

請求項 4 に記載の発明にかかるレーザー溶接部の品質モニタリング方法は、請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載のレーザー溶接部の品質モニタリング方法において、前記信号強度の算出は、信号強度の周波数分布を算出する高速フーリエ変換 (FFT) を用いて、または、前記特定の周波数帯のみの信号を通過させる帯域フィルタを用いて行われることを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

この請求項 4 に記載の発明によれば、信号強度の周波数分布を算出する高速フーリエ変換 (FFT) を用いて、または、前記特定の周波数帯のみの信号を通過させる帯域フィルタを用いて、ポロシティーの発生の状態を検出しやすい特定の周波数帯の信号が抽出される。したがって、従来は検出することが困難であった、過度のポロシティーの発生は確実に検出される。

【 0 0 1 5 】

請求項 5 に記載の発明にかかるレーザー溶接部の品質モニタリング方法は、請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載のレーザー溶接部の品質モニタリング方法において、前記ワークは、亜鉛メッキ鋼板であることを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

請求項 6 に記載の発明にかかるレーザー溶接部の品質モニタリング装置は、ワークの溶接部に向けて照射したレーザー光線の当該溶接部からの反射光を検出す

る反射光検出手段と、検出された反射光を電気信号に変換する電気信号変換手段と、変換された電気信号の周波数分布を算出する周波数分布算出手段と、算出された周波数分布のうちの特定の周波数帯における信号強度を算出する信号強度算出手段と、算出された信号強度があらかじめ設定されている基準値を超えていれば、ポロシティーの発生が過大であると判断し、基準値を超えていなければポロシティーの発生が正常範囲内であると判断する溶接品質判断手段とを有することを特徴とする。

## 【 0 0 1 7 】

この請求項 6 に記載の発明によれば、レーザー光線の反射光に基づいて周波数分布算出手段で算出された電気信号から、過度のポロシティーの発生の検出に必要な、特定の周波数帯の電気信号だけを抽出しているので、溶接品質判断手段は、その抽出した電気信号の信号強度に基づいてポロシティーの発生の程度が判断できる。したがって、従来は検出することが困難であった、過度のポロシティーの発生が確実に検出できる。

## 【 0 0 1 8 】

請求項 7 に記載の発明にかかるレーザー溶接部の品質モニタリング装置は、請求項 6 に記載のレーザー溶接部の品質モニタリング装置において、前記反射光検出手段は、前記レーザー光線の反射光のみを検出するために、レーザー光線の波長の光だけを透過させる干渉フィルタを有することを特徴とする。

## 【 0 0 1 9 】

この請求項 7 に記載の発明によれば、干渉フィルタにより、レーザー光線の反射光だけが検出できるので、ポロシティーの発生の検出精度が向上する。

## 【 0 0 2 0 】

請求項 8 に記載の発明にかかるレーザー溶接部の品質モニタリング装置は、請求項 6 に記載のレーザー溶接部の品質モニタリング装置において、前記信号強度算出手段は、信号強度の周波数分布を算出する高速フーリエ変換 (FFT) を用いて、または、前記特定の周波数帯のみの信号を通過させる帯域フィルタを用いて、電気信号の信号強度を算出することを特徴とする。

## 【 0 0 2 1 】

この請求項 8 に記載の発明によれば、信号強度の周波数分布を算出する高速フーリエ変換 (FFT) を用いて、または、前記特定の周波数帯のみの信号を通過させる帯域フィルタを用いて、ポロシティーの発生の状態を検出しやすい特定の周波数帯の信号が抽出される。したがって、従来は検出することが困難であった、過度のポロシティーの発生は確実に検出される。

## 【 0 0 2 2 】

## 【発明の効果】

以上説明したように、請求項 1、請求項 2 または請求項 5 に記載の発明によれば、レーザー光線の反射光に基づいて過度のポロシティーの発生が容易に検出できる、特定の周波数帯の信号を抽出したので、従来は検出することが困難であった、過度のポロシティーの発生が確実に検出できるようになった。

## 【 0 0 2 3 】

請求項 3 に記載の発明によれば、信号強度を算出するための特定の周波数帯は、ワークの板厚に応じて変化させるようにしたので、板厚の相違によるポロシティーの発生検出精度のばらつきを解消することができる。

## 【 0 0 2 4 】

請求項 4 に記載の発明によれば、レーザー光線の反射光に基づいて過度のポロシティーの発生が検出できるように、信号強度の周波数分布を算出する高速フーリエ変換 (FFT) を用いて、または、前記特定の周波数帯のみの信号を通過させる帯域フィルタを用いて、ポロシティーの発生の状態が検出しやすい特定の周波数帯の信号を抽出したので、従来は検出することが困難であった、過度のポロシティーの発生が確実に検出できるようになった。

## 【 0 0 2 5 】

請求項 6 に記載の発明によれば、レーザー光線の反射光に基づいて過度のポロシティーの発生が容易に検出できる、特定の周波数帯の信号を抽出したので、従来は検出することが困難であった、過度のポロシティーの発生が確実に検出できるようになった。

## 【 0 0 2 6 】

請求項 7 に記載の発明によれば、干渉フィルタを用いて、レーザー光線の反射

光だけを検出できるようにしたので、ポロシティーの発生の検出精度を向上させることができる。

## 【 0 0 2 7 】

請求項 8 に記載の発明によれば、信号強度の周波数分布を算出する高速フーリエ変換 (FFT) を用いて、または、前記特定の周波数帯のみの信号を通過させる帯域フィルタを用いて、ポロシティーの発生の状態が検出しやすい周波数帯の信号のみを抽出したので、従来は検出することが困難であった、過度のポロシティーの発生が確実に検出できるようになった。

## 【 0 0 2 8 】

## 【発明の実施の形態】

以下に添付図面を参照して、本発明にかかるレーザー溶接部の品質モニタリング方法およびその装置の好適な実施の形態を、被溶接部材が亜鉛メッキ鋼板である場合を例にとって詳細に説明する。図 1 は、本発明にかかる品質モニタリング装置を備えた YAG レーザー溶接装置の具体的な構成図である。

## 【 0 0 2 9 】

YAG レーザー溶接装置 100 の上部には、光ファイバーケーブル 2 が取り付けられ、光ファイバーケーブル 2 によって、図示されていない YAG レーザー発振器からのレーザー光線が YAG レーザー溶接装置 100 に導かれる。YAG レーザー溶接装置 100 の中央部から下部にかけて、導かれたレーザー光線を集光するための集光光学系が配置されている。その集光光学系は、コリメーターレンズ 3 と集光レンズ 4 とを有し、導かれたレーザー光線は、コリメーターレンズ 3 によって平行光線にされた後、集光レンズ 4 によってワーク (車体パネル) 5 の表面に集光される。集光された部分 (溶接部) は、レーザー光線のエネルギーによって溶融され、ワーク同士が溶接される。

## 【 0 0 3 0 】

また、YAG レーザー溶接装置 100 の下部側面には、ワーク 5 の表面から仰角 60 度 ( $\theta 1$ ) の位置に反射光検出手段として機能するセンサ 6a と、仰角 10 度 ( $\theta 2$ ) の位置にセンサ 6b とが配置されている。センサ 6a は、主に溶接部に照射されたのちワーク 5 に吸収されることなく反射したレーザー光線の反射

光を検出するためのセンサである。センサ 6 b は、溶接に際して溶接部から発生するプラズマ光（可視光）を検出するためのセンサである。両センサ 6 a、6 b によって検出された光（反射光とプラズマ光）に基づいて溶接部の溶接品質がリアルタイムに判断される。本発明のモニタリング方法およびモニタリング装置は、レーザー光線の反射光を用いてポロシティーの発生を検出するので、センサ 6 a が特に重要なセンサになる。

## 【 0 0 3 1 】

図 2 は、本発明にかかる品質モニタリング装置を備えた Y A G レーザー溶接装置の概念図である。図に示す Y A G レーザー溶接装置は、Y A G レーザー発振器 1 を備え、この Y A G レーザー発振器 1 で発生したレーザー光線は光ファイバーケーブル 2 によって集光光学系に導かれ、コリメーターレンズ 3 によって平行光とされたのち、集光レンズ 4 によりワーク 5 の表面に集光され、その集光されたレーザー光線のパワーによってワーク 5 を溶接する。

## 【 0 0 3 2 】

一方、ワーク 5 の表面からの仰角  $\theta 1$  が  $60^\circ$  となる第 1 の位置にはセンサ 6 a が配設され、このセンサ 6 a によって、溶接部 F に照射されたのちワーク 5 に吸収されることなく反射した Y A G レーザーの反射光がその強度に応じた電気信号に変換される。したがって、センサ 6 a は、電気信号変換手段として機能する。また、ワーク 5 の表面からの仰角  $\theta 2$  が  $10^\circ$  となる第 2 の位置にはセンサ 6 b が配設され、このセンサ 6 b によって、溶接に際して溶接部 F で発生するブルーム（高温の金属蒸気）からのプラズマ光（可視光）がその強度に応じた電気信号に変換される。両センサ 6 a、6 b によって変換された電気信号は、増幅器（ブリアンプ）、バンドパスフィルター、A/D 変換器、パソコンなどから構成される計測装置 7 に入力される。

## 【 0 0 3 3 】

前記センサ 6 a、6 b は、図 3 に示すように、2 つのフォトダイオード 8、9 と、ダイクロイックミラー 10、および  $1064\text{ nm} \pm 10\text{ nm}$  の波長のみを透過する干渉フィルタ 11 から構成されている。

## 【 0 0 3 4 】

当該センサ 6 a および 6 b においては、まず、図中の左側から入射した溶接部からの光がダイクロイックミラー 1 0 によって波長に応じて選択される。すなわち波長 5 0 0 n m 以下の可視光はダイクロイックミラー 1 0 に反射されてフォトダイオード 8 に導かれ、プラズマ光として電気信号に変換されて、その強度が検出される。一方、溶接部からの入射光のうちの赤外光は、ダイクロイックミラー 1 0 を透過したのち、1. 0 6  $\mu$  m の波長を有する Y A G レーザー光のみが干渉フィルタ 1 1 を透過してフォトダイオード 9 に導かれ、Y A G 反射光として電気信号に変換され、前記計測装置 7 にそれぞれ入力される。本発明のモニタリング方法およびモニタリング装置は、レーザー光線の反射光を用いてポロシティーの発生を検出するので、センサ 6 a に設けられているフォトダイオード 9 からの電子信号を用いることになる。

## 【 0 0 3 5 】

図 4 は、図 2 に示した計測装置 7 の具体的な構成を示す図である。この計測装置 7 は、各センサ 6 a、6 b に設けられているフォトダイオード 8、9 のそれぞれに対して設けられている。したがって、本発明のモニタリング装置には 4 台の計測装置 7 が設けられている。各計測装置 7 の構成は同一である。

## 【 0 0 3 6 】

計測装置 7 は、フォトダイオード 9 からの電気信号を一定のレベルまで増幅する増幅器（プリアンプ）7 A、増幅器 7 A から出力されたアナログの電気信号をデジタルの電気信号に変換する A / D 変換器 7 B、7 D、特定の周波数帯域の電気信号のみを通過させるバンドパスフィルター 7 C、入力された電気信号の周波数分布を算出する周波数分布算出手段としての機能、特定の周波数帯における信号強度を算出する信号強度算出手段としての機能、および、ポロシティーの発生の状況を判断する溶接品質判断手段としての機能を備えたパソコン 7 E、溶接品質の判断結果を表示するためのディスプレイ 7 F から構成される。

## 【 0 0 3 7 】

図 5 から図 7 は、溶接品質の検出原理の説明に供する図である。溶接部からの光を分析することによってなぜ溶接品質が検出できるのかを、これらの図に基づいて説明する。図 5、図 6 は、溶接の被対象物である亜鉛めっき鋼板を重ね溶接

した場合のポロシティーの発生状況を示している。図5に示すように、YAGレーザー溶接装置100により、亜鉛めっき鋼板の突合せ部20に高パワー密度のYAGレーザー光線が照射されると、照射された部分（溶接部）がレーザー光線のエネルギーを受けて溶融し始め、金属が溶融しているキーホール25が形成される。このとき、鋼板の表面にメッキされている亜鉛メッキ層21は、母材である鋼22の溶融温度では金属蒸気となってしまう、金属蒸気の圧力によってキーホール25内に気泡状のポロシティー（ブローホール）23が発生する。

#### 【0038】

図6に示すように、レーザー光線は、キーホール25の前面の壁26で吸収されている。亜鉛メッキ鋼板の重ね溶接では、2枚の鋼板の界面に存在する亜鉛メッキ層21が溶けたときに、亜鉛金属蒸気27がキーホール25内に噴出する。これがポロシティー23になる。YAGレーザー光線による溶接では、レーザー光線の波長が $1.06\mu\text{m}$ 程度と短いため、亜鉛金属蒸気27がキーホール25の開口部より噴出したプルーム28に対しては、レーザー光線はほぼ透明である。したがって、プルーム28を観察してもポロシティー23の有無のような高速な現象をつかまえることはできない。

#### 【0039】

ところが、YAGレーザー光線の反射光は、キーホール25前面の壁26の状態によって変化すると考えられる。亜鉛金属蒸気27の噴出によってキーホール25前面の壁26の状態が変動すると、レーザー光線の反射光も変動することになる。この現象は、鋼板界面付近のキーホール25内部で起こるので、観察角度が低い位置にあるセンサ6bではとらえることができず、観察角度が高い位置にあるセンサ6aによってのみとらえることができる。したがって、センサ6aを設置する角度は、キーホール25前面の壁26の変動状態が反射光によってとらえることができる角度の範囲内で設定する必要がある。実際には、溶接部に照射されるレーザー光線に干渉せずに、キーホール25前面の壁26の変動状態が反射光によってとらえることができる範囲の、仰角45度から70度の範囲の角度である。なお、この角度の範囲内でのさらに最適な角度は、板厚やレーザー光線のパワーなどの溶接条件に応じて決まる。本実施の形態では、図1に示したよう

に仰角 60 度としている。

【0040】

また図 7 に示すように、亜鉛メッキ鋼板同士が突合せ部 20 においてきちんと接触してなく、多少の隙間 30 が生じてしまっている場合には、キーホール 25 で溶融した金属がその隙間 30 に流れ込むために、アンダーフィル 31 という溶接不良が発生する。このアンダーフィル 31 の発生は、観察角度の低い位置にあるセンサ 6b によってもとらえることができる。

【0041】

つぎに、本発明にかかるモニタリング装置でポロシティーを検出するための処理を、図 8 のフローチャートおよび図 9 から図 12 を参照しながら説明する。図 9 から図 12 に示されている波形などのデータは、次の溶接条件（基本溶接条件）に基づいて測定された結果得られたものである。

【0042】

YAG レーザーの出力は 3 Kw のものを用いた。溶接速度は 4.5 m/min である。亜鉛メッキ鋼板の厚みは 0.8 mm のものを用いた。

【0043】

図 8 のフローチャートは、本発明にかかるモニタリング方法の手順を示したものである。YAG レーザー光線が亜鉛メッキ鋼板の突合せ部 20 に照射されると、照射された部分がレーザー光線のエネルギーを受けて溶融する。溶融した金属は非常に高温であるから、キーホール 25 およびブルーム 28 からは、可視光、赤外光、YAG レーザー光線の反射光などが放射状に放出される。センサ 6a とセンサ 6b は、これらの光を入射し、電気信号に変換する。変換された電気信号は、パソコン 7E（図 4 参照）の図示しない波形記憶装置に格納される（S1）。

【0044】

図 9 は、基本溶接条件の下で溶接が行われたときの、YAG レーザー光線の反射光から得られた電気信号の（フォトダイオード 9 で変換された）波形図である。この電気信号の波形図は、サンプリング周波数 20 KHz で作成されたものである。この波形図において、縦軸は信号強度を表し、横軸は時間を表している。



また、YHは、観察角度が高い位置にあるセンサ6aによってとらえられた反射光の時間的変動状況を示している。YLは、観察角度が低い位置にあるセンサ6bによってとらえられた反射光の時間的変動状況を示している。この図では、正常な溶接が行われた「良品」、ポロシティーの発生が過大である「ポロシティー品」、アンダーフィルが生じた「アンダーフィル品」の波形が示されている。アンダーフィル品の場合、良品の場合とは明らかにその波形形状が異なるので、アンダーフィル品であることの判断は容易である。しかし、ポロシティー品の場合には、良品の場合との比較だけでは、波形形状に相違が見られないことから、ポロシティー品であることの判断は困難である。

#### 【0045】

図10は、基本溶接条件の下で溶接が行われたときの、キーホール25およびブルーム28の可視光から得られた電気信号の（フォトダイオード8で変換された）波形図である。この波形図も、サンプリング周波数20KHzで作成されたものである。この波形図において、縦軸は信号強度を表し、横軸は時間を表している。また、YHは、観察角度が高い位置にあるセンサ6aによってとらえられた可視光の時間的変動状況を示している。YLは、観察角度が低い位置にあるセンサ6bによってとらえられた可視光の時間的変動状況を示している。この図では、正常な溶接が行われた「良品」、ポロシティーの発生が過大である「ポロシティー品」、アンダーフィルが生じた「アンダーフィル品」の波形が示されている。アンダーフィル品の場合、良品の場合とは明らかにその波形が異なるので、アンダーフィル品であることの判断は容易である。しかし、ポロシティー品の場合には、良品の場合との比較だけでは、波形形状に相違が見られないことから、ポロシティー品であることの判断は困難である。

#### 【0046】

このように、各センサ6a、6bによって反射光、可視光それぞれの時間的な強度変化状態を調べただけでは良品とポロシティー品との差別化は困難である。このため、波形記憶装置に格納した波形のうち、観察角度が高い位置にあるセンサ6aによってとらえられた反射光の時間的変動状況を示すYHのみの波形を取り出して、この波形にFFT（高速フーリエ変換）信号強度演算を施す（S2）

## 【 0 0 4 7 】

図 1 1 は、図 9 に示した Y H の波形に F F T 信号強度演算を施し、その結果得られた波形図である。この波形図において、縦軸は相対信号強度を表し、横軸は周波数を表している。この図を見れば明らかなように、F F T 信号強度演算を施すと、良品とポロシティー品との間でも相対信号強度の分布に相違が生じる。つまり、良品は 1 0 0 H z から 5 0 0 H z 付近に相対信号強度のピーク部分が存在しているが、ポロシティー品は 5 0 0 H z から 1 0 0 0 H z 付近に相対信号強度のピーク部分が存在している。本発明の品質モニタリング方法では、この違いを次のようにして差別化する。

## 【 0 0 4 8 】

F F T (高速フーリエ変換) 信号強度演算を施した結果得られた図 1 1 の波形の内、6 0 5 H z から 6 5 0 H z の間の信号強度の合計値を算出し (S 3)、その合計値が、基準値として設定されている 1 7 0, 0 0 0 を超えれば (S 4 : Y e s)、ポロシティーの発生が過大であると判断し (S 5)、超えていなければ (S 4 : N o)、ポロシティーの発生は正常範囲内であると判断する (S 6)。なお、フローチャートには示していないが、ポロシティーの発生の判断結果は、ディスプレイ 7 F に表示される。

## 【 0 0 4 9 】

つぎに、F F T (高速フーリエ変換) 信号強度演算を施した結果得られた図 1 1 の波形の特徴量から、マハラノビス距離を算出する (S 7)。このマハラノビス距離は、良品の波形の特徴量から得られた正規化された基準空間から、観察されたワークの波形の特徴量 (位置) がどの程度離れているのかを距離で表したものである。求められたマハラノビス距離にしたがって、図 1 2 に示すような分布図を作成する。たとえば、図 1 2 に示すように、図 1 1 の波形図から得られた特徴量 (位置) を、縦軸が F F T 信号強度、横軸が対数表示されたマハラノビス距離となっているグラフに書き込んでいくと、それぞれのワークの特徴量に応じて分布する。

## 【 0 0 5 0 】

この分布図に基づいて、マハラノビス距離が基準値 1 0 0 0 を超えれば (S 8 : Y e s)、アンダーフィルが生じていると判断し (S 9)、超えていなければ (S 8 : N o)、アンダーフィルは生じていないと判断する (S 1 0)。

#### 【0 0 5 1】

以上の実施の形態では、ポロシティーの発生が過大であるか否かを、特定の周波数帯の信号強度の合計値に基づいて判断したが、図 1 2 の分布図を見ればわかるように、ポロシティー品は、マハラノビス距離が 2 以下で、かつ信号強度が 1 7 0 0 0 0 以上の領域に分布しているので、アンダーフィルの発生を判断する場合と同様に、F F T (高速フーリエ変換) 信号強度演算を施した結果得られた図 1 1 の波形の特徴量から、マハラノビス距離と特定の周波数帯の信号強度とを算出し、この距離と信号強度とがどの領域に属するかを判断することによっても、ポロシティーの発生が過大であるか否かを判断することができる。

#### 【0 0 5 2】

なお、以上の実施の形態では、板厚が 0. 8 m m の場合について述べたが、本発明の品質モニタリング方法および品質モニタリング装置は、他の板厚に対しても適用可能である。たとえば、自動車の車体のパネルとして用いられるであろう、0. 7 m m から 1. 2 m m 程度の板厚の鋼板の溶接に対しても適用することができる。この場合、信号強度を算出するための特定の周波数帯は、溶接品質が適切に判断できるようにするために、板厚に応じて変える必要がある。たとえば、板厚が 0. 7 m m であれば、5 0 0 H z から 6 0 0 H z の周波数帯を、板厚が 1. 2 m m であれば、8 0 0 H z から 1 2 0 0 H z の周波数帯を、それぞれ信号強度を算出するための特定の周波数帯として選択する。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

本発明にかかる品質モニタリング装置を備えた Y A G レーザー溶接装置の具体的な構成図である。

##### 【図 2】

本発明にかかる品質モニタリング装置を備えた Y A G レーザー溶接装置の概念図である。

【図 3】

センサ内部の具体的な構成を示す図である。

【図 4】

図 2 に示した計測装置の具体的な構成を示す図である。

【図 5】

溶接品質の検出原理の説明に供する図である。

【図 6】

溶接品質の検出原理の説明に供する図である。

【図 7】

溶接品質の検出原理の説明に供する図である。

【図 8】

本発明にかかるモニタリング方法の手順を示すフローチャートである。

【図 9】

基本溶接条件の下で溶接が行われたときの、YAG レーザー光線の反射光から得られた電気信号の波形図である。

【図 1 0】

基本溶接条件の下で溶接が行われたときの、キーホールおよびプルームの可視光から得られた電気信号の波形図である。

【図 1 1】

図 9 に示した Y H の波形に F F T 信号強度演算を施し、その結果得られた波形図である。

【図 1 2】

求められたマハラノビス距離に基づいて描かれた分布図である。

【符号の説明】

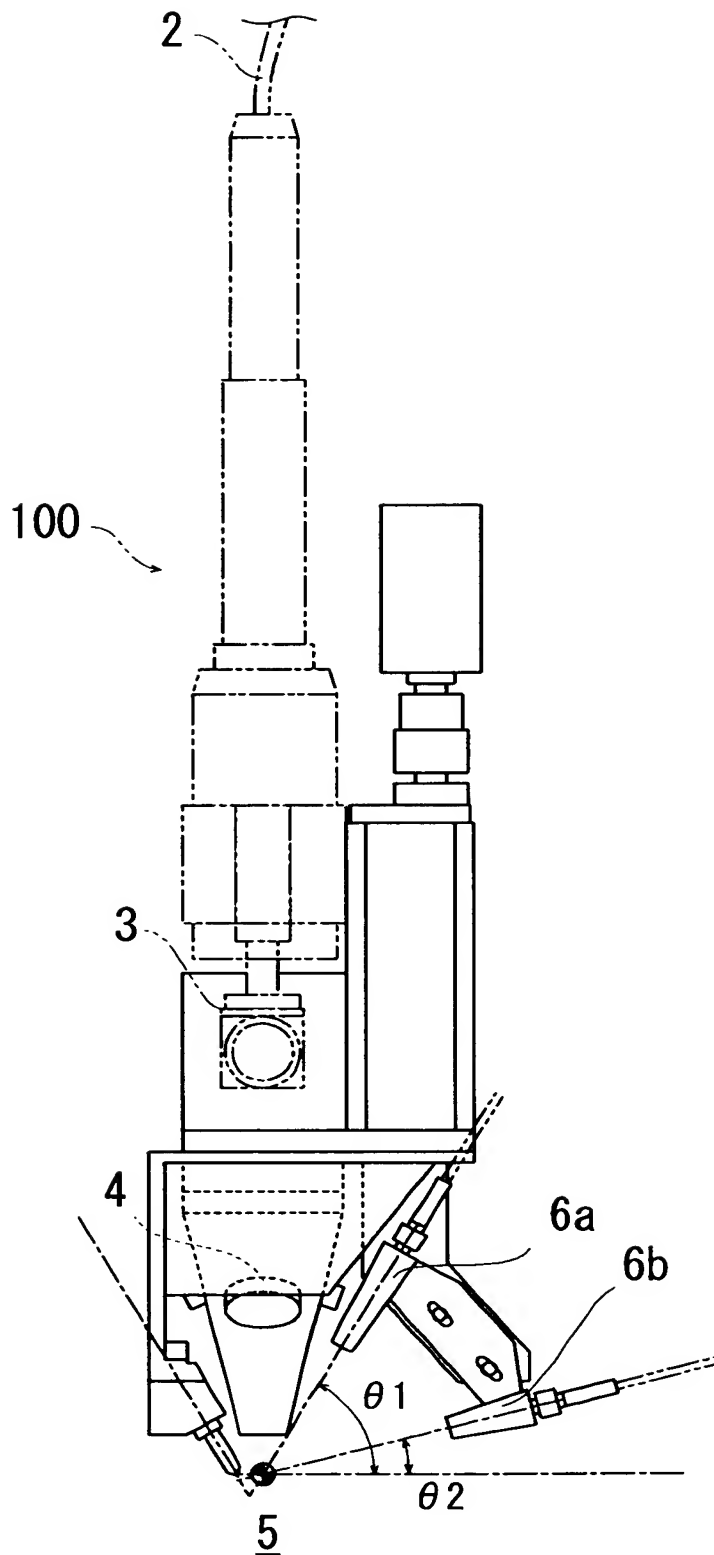
- 1 … YAG レーザー発振器、
- 2 … 光ファイバーケーブル、
- 3 … コリメーターレンズ、
- 4 … 集光レンズ、
- 5 … ワーク、

6 a、6 b…センサ、  
7…計測装置、  
7 A…増幅器、  
7 B、7 D…A/D変換器、  
7 C…バンドパスフィルター、  
7 E…パソコン、  
7 F…ディスプレイ、  
8、9…フォトダイオード、  
10…ダイクロイックミラー、  
11…干渉フィルタ、  
20…突合せ部、  
21…亜鉛メッキ層、  
22…鋼、  
23…ポロシティー、  
25…キーホール、  
26…壁、  
27…亜鉛金属蒸気、  
28…プルーム、  
30…隙間、  
31…アンダーフィル、  
100…YAGレーザー溶接装置。

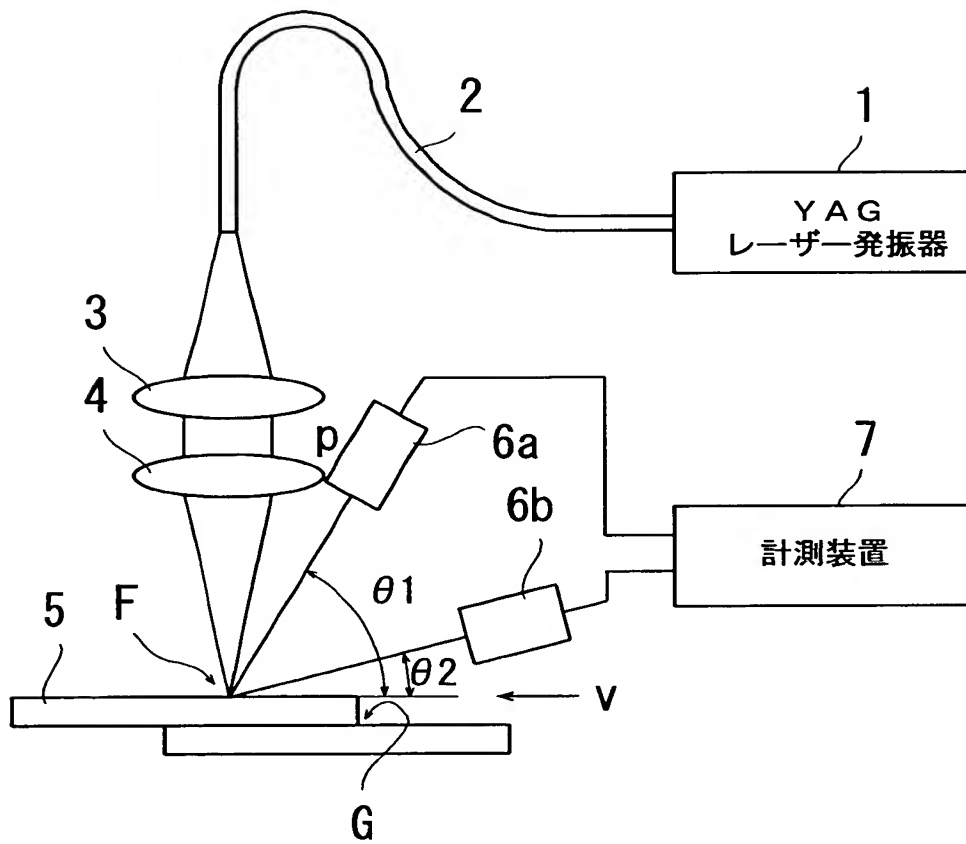
【書類名】

図面

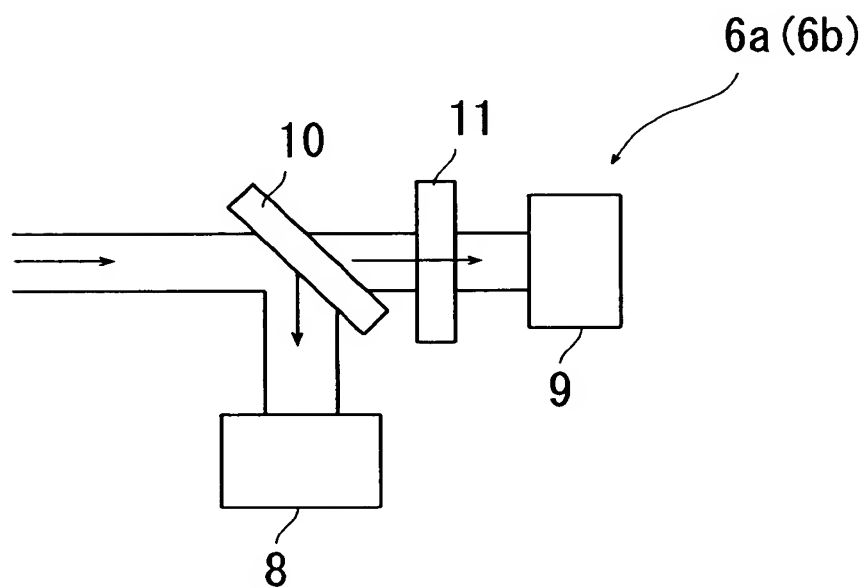
【図 1】



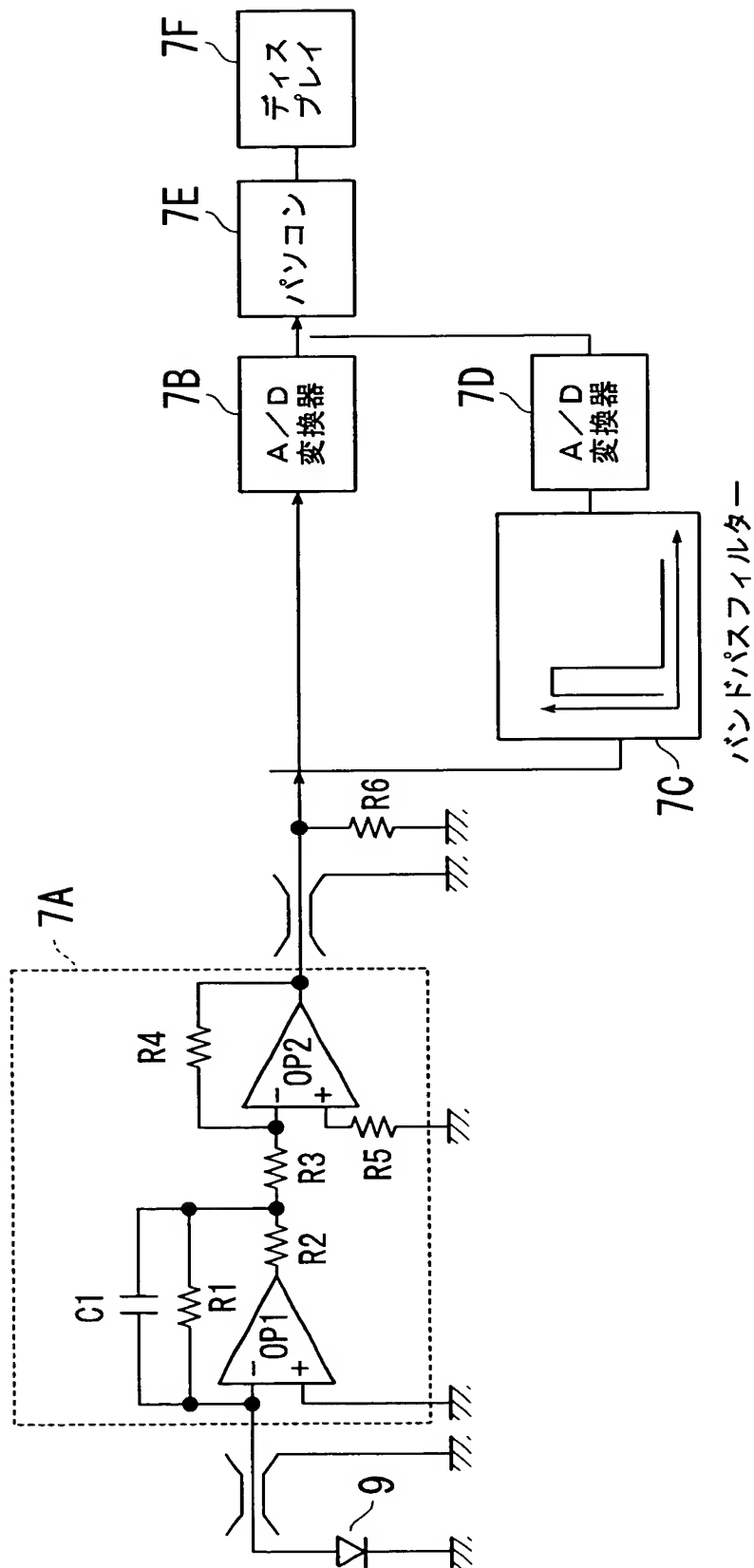
【図2】



【図3】

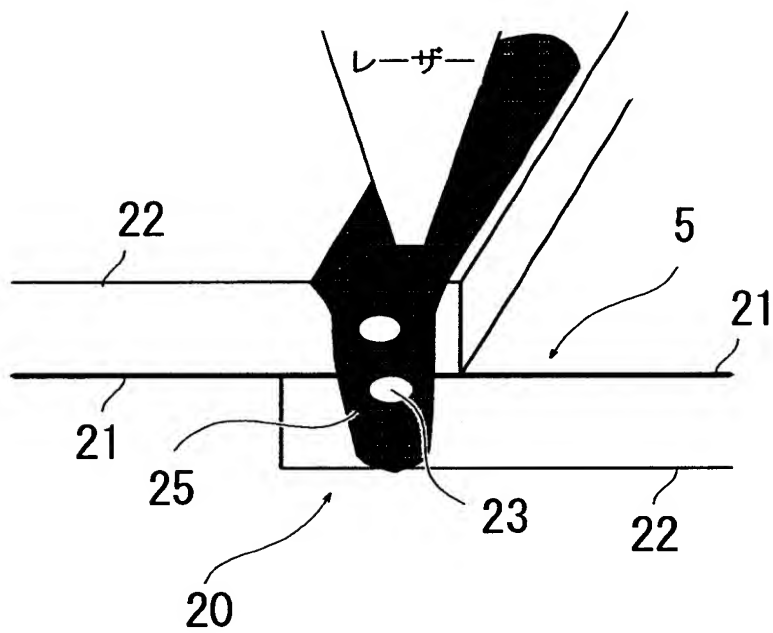


【図4】

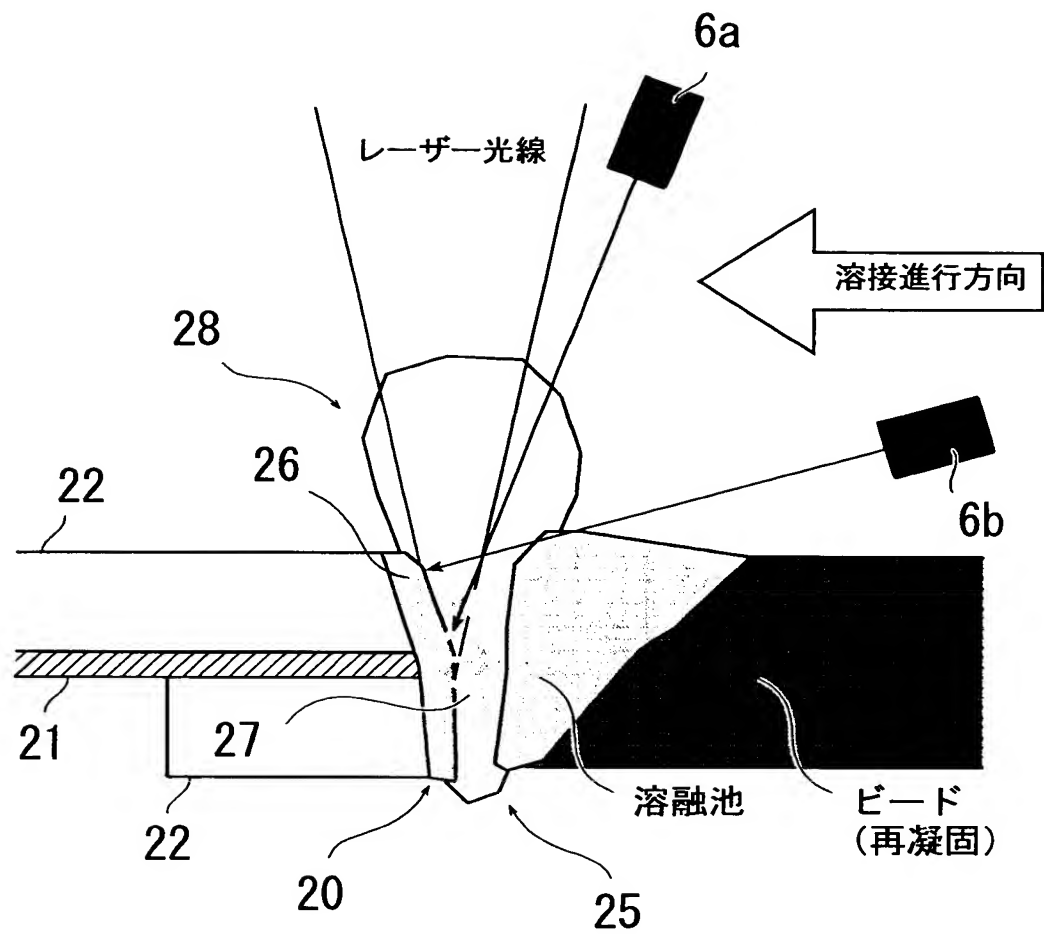




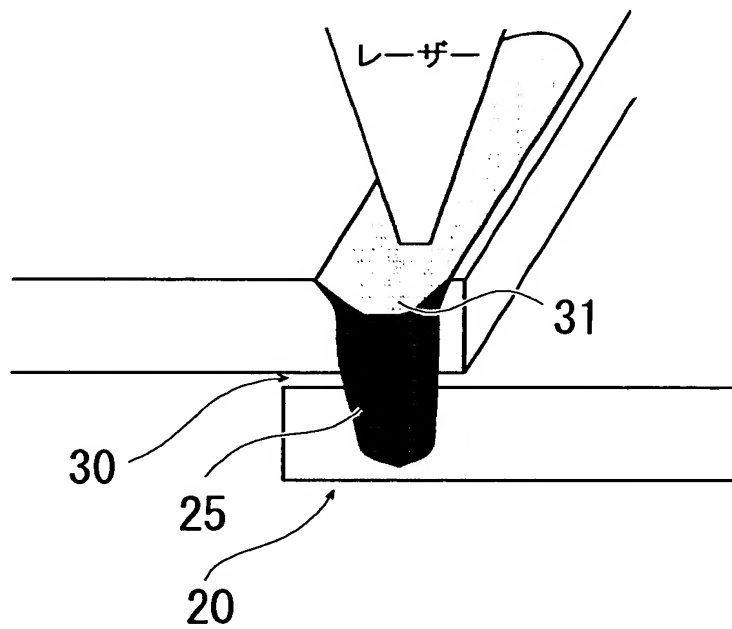
【図 5】



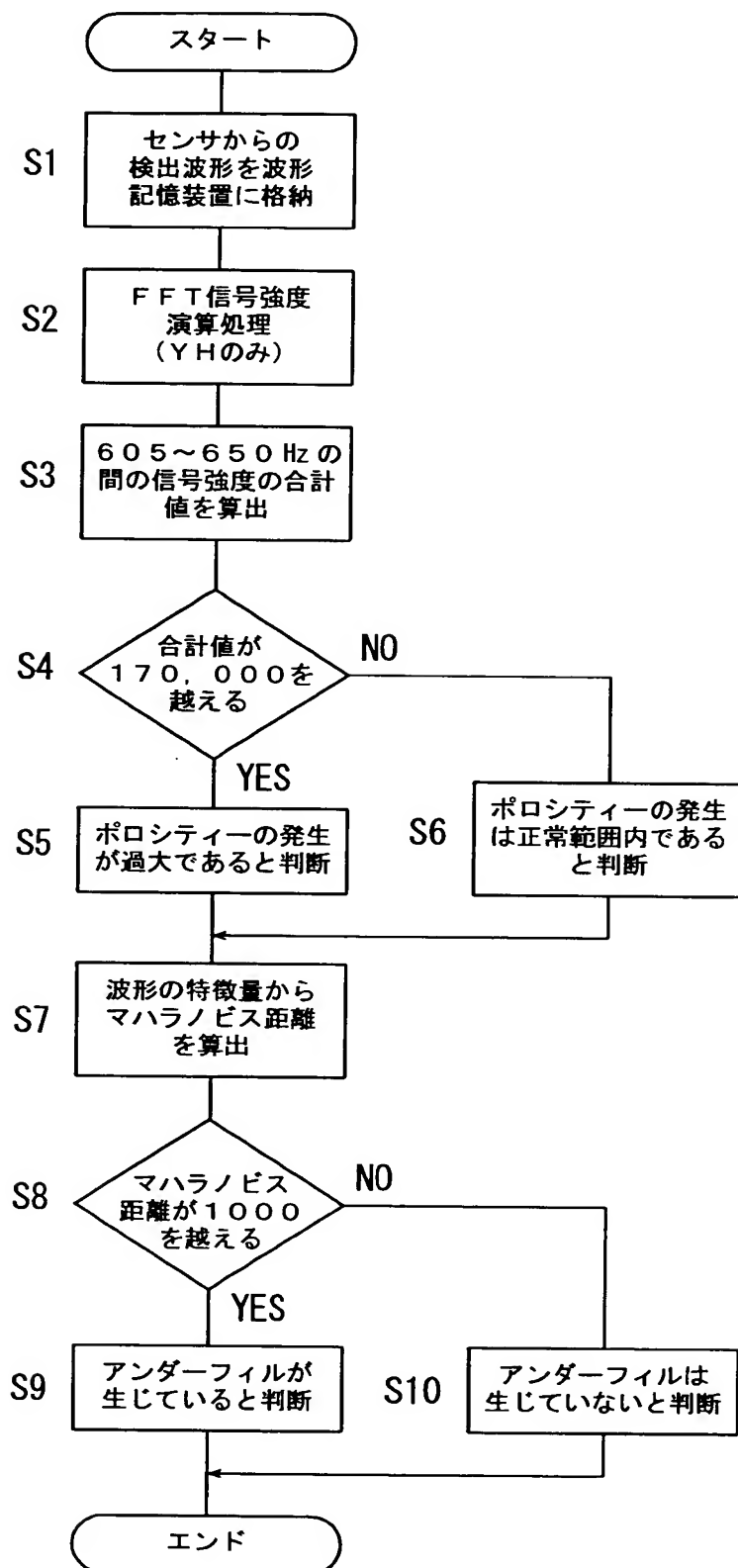
【図6】



【図7】



【図 8】

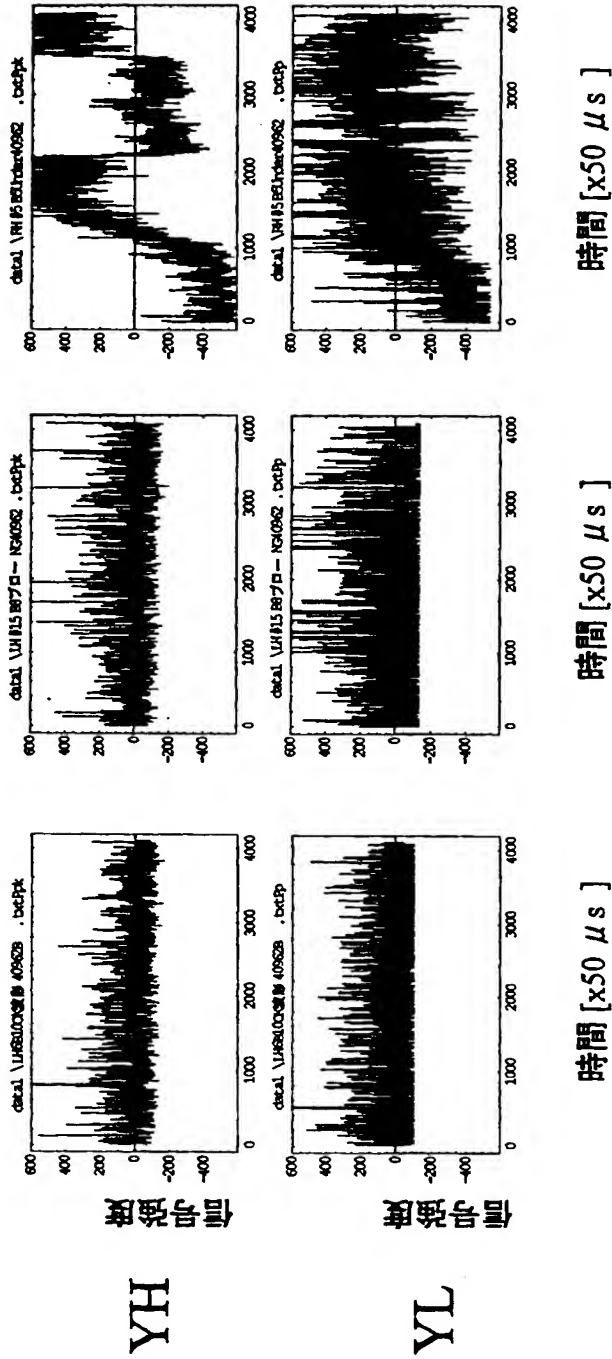


【図9】

アンダーフィルム品

ポロシティ品

良品



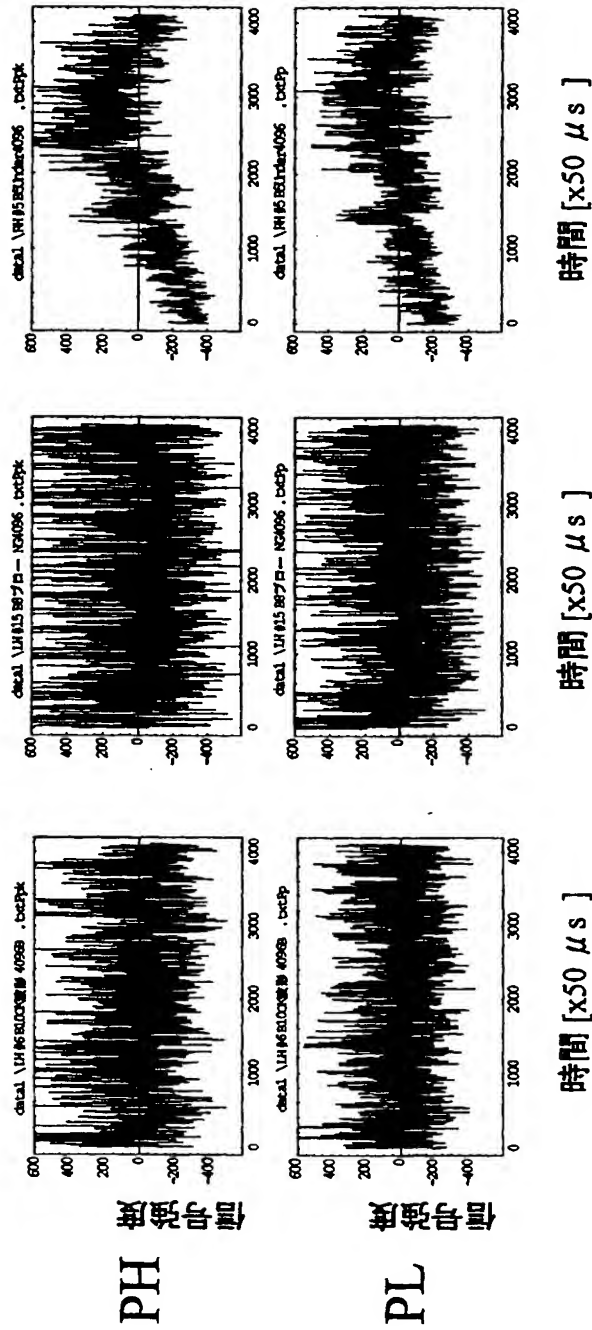
基本溶接条件での検出波形

【図10】

アンダーフィル品

ポロシティ品

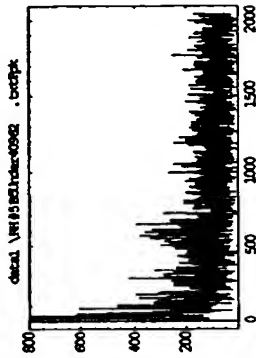
良品



基本溶接条件での検出波形

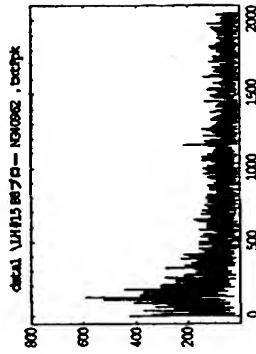
【図 1 1】

アンダーファイル品



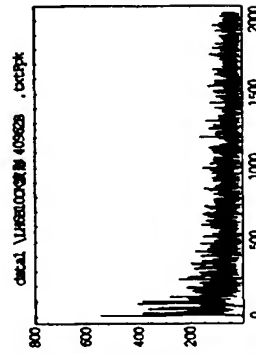
周波数 [x5 Hz]

ポロシティ品



周波数 [x5 Hz]

良品



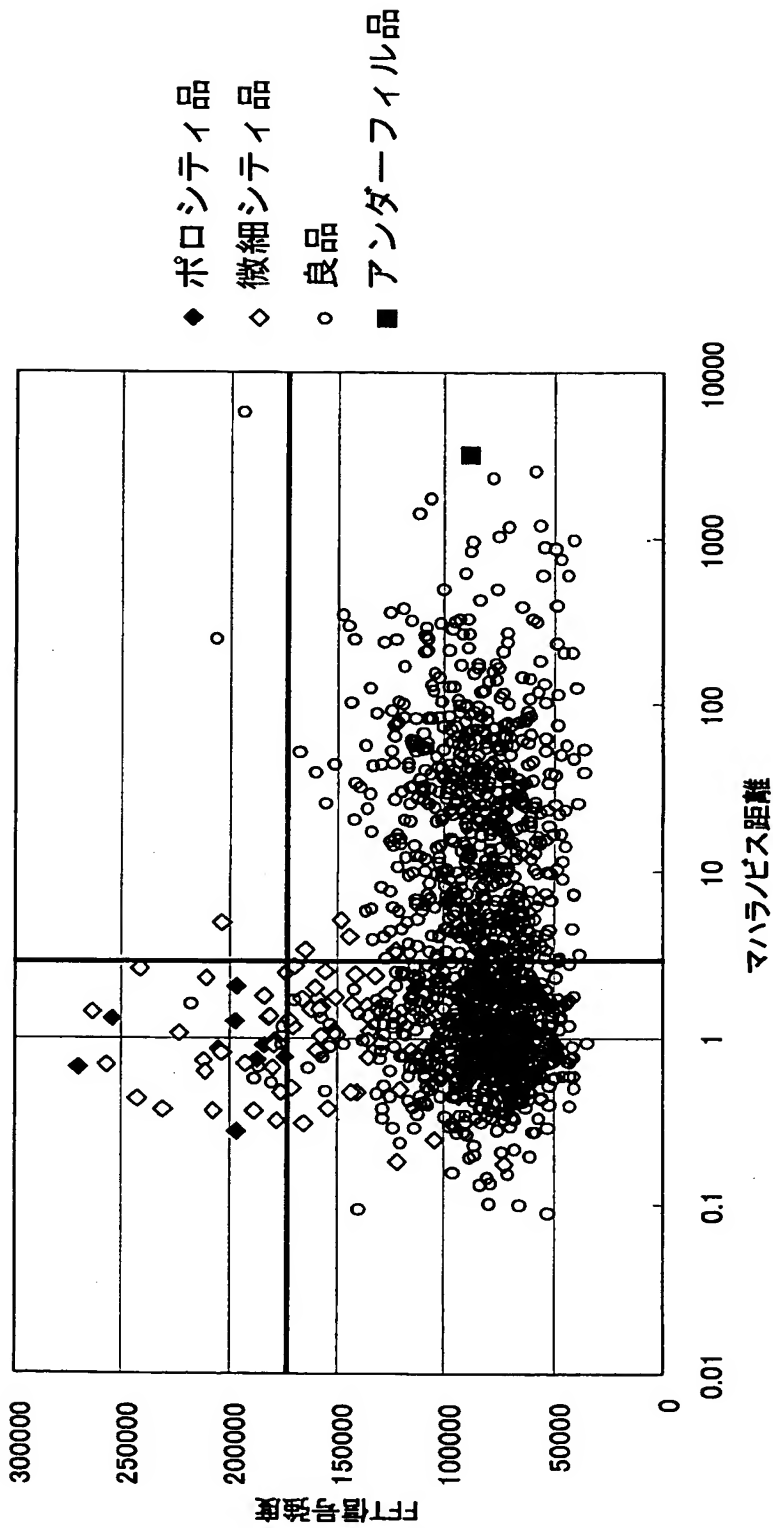
周波数 [x5 Hz]

振幅電圧 [dB]

周波数特性

YHの周波数特性

【図 12】



# ポロシテイとアンダーファイルの分離結果例



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 レーザー溶接部のポロシティーの発生を確実に検出する。

【解決手段】 ワーク 5 の溶接部 F に向けて照射したレーザー光線の反射光をセンサ 6 a で検出して電気信号に変換し、計測装置 7 において、その電気信号の周波数分布を算出し、算出された周波数分布のうちの特定の周波数帯における信号強度を算出し、算出された信号強度があらかじめ設定されている基準値を超えていれば、ポロシティーの発生が過大であると判断し、基準値を超えていなければポロシティーの発生が正常範囲内であると判断する。

【選択図】 図 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003997]

1. 変更年月日	1990年 8月31日
[変更理由]	新規登録
住 所	神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
氏 名	日産自動車株式会社